



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS KEGAGALAN *CONNECTING ROD*  
SEPEDA MOTOR 2 LANGKAH**

**TUGAS AKHIR**

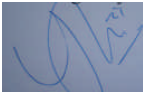
**ARVIAN ARIESTYANTO  
L2E 308 010**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
JUNI 2011**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

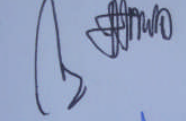
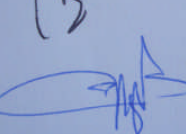

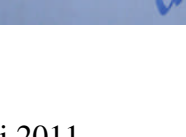
NAMA : Arvian Ariestyanto  
NIM : L2E 308 010  
Tanda Tangan :   
Tanggal : Juni 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : Arvian Ariestyanto  
NIM : L2E 308 010  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisis Kegagalan *Connecting Rod* Sepeda Motor 2 Langkah

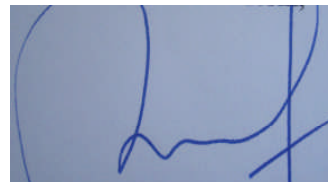
**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

## TIM PENGUJI

Pembimbing	: Sri Nugroho ST, MT, PhD	(  )
Penguji	: Ir. Eflita Yohana, MT	(  )
Penguji	: Dr. Achmad Widodo, ST, MT	(  )
Penguji	: Ir. Yurianto, MT	(  )

Semarang, Juni 2011

Ketua  
Jurusan Teknik Mesin,



**Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK.**  
NIP. 195907221987031003

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Avian Ariestyanto  
NIM : L2E 308 010  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan Bp. Sri Nugroho ST, MT, PhD sebagai pembimbing saya yang berjudul :

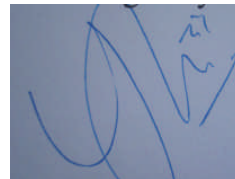
### **“Analisis Kegagalan *Connecting Rod* Sepeda Motor 2 Langkah”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya dan Bp. Sri Nugroho ST, MT, PhD sebagai pembimbing saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan



(Arvian Ariestyanto)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

**THIS FINAL PROJECT IS DEDICATED TO MY PARENTS,  
MY LITTLE SISTER AND BROTHER.  
ALL ABOUT PRAY, LOVE AND EVERYTHING THAT THEY GIVE TO ME.**

## ABSTRAK

*Connecting rod* merupakan bagian dari kendaraan bermotor yang berfungsi untuk menghubungkan piston dengan *crankshaft* yang dalam kerjanya mendapatkan beban tekan yang tinggi sehingga bisa menyebabkan kegagalan *connecting rod*. Tujuan dari ini adalah untuk mengetahui penyebab kegagalan *connecting rod* sepeda motor 2 langkah yang telah digunakan selama 7 tahun dengan menggunakan metode pengamatan visual yang digunakan untuk mendapatkan hipotesa yang diperkuat dengan pengujian komposisi kimia, nilai kekerasan dan struktur mikro dari dua jenis baja *connecting rod*.

Dari hasil pengamatan visual, kegagalan terjadi pada *small end connecting rod*, dan didapatkan hipotesa bahwa *connecting rod* mengalami beban kompresi yang besar dan mengakibatkan terjadinya deformasi.

Hasil uji komposisi menunjukkan, *connecting rod* yang mengalami kegagalan dibuat dengan baja SAE 1020 sedangkan *connecting rod* baru menggunakan material baja SAE 4120. Dari pengujian komposisi kimia, *connecting rod* yang mengalami kegagalan dibuat dengan baja yang tidak sesuai dengan spesifikasi baja *connecting rod* sedangkan *connecting rod* baru menggunakan baja yang sesuai spesifikasi baja pembuat *connecting rod*. Pengujian struktur mikro menunjukkan perbedaan gradasi warna dikarenakan adanya proses *carburizing* dimana pada bagian permukaan terjadi proses martensit sedangkan bagian dalamnya perlit dengan ferit. Pengujian kekerasan untuk *connecting rod* yang mengalami kegagalan menunjukkan penurunan kekerasan pada bagian *small end* dikarenakan posisi *small end* yang lebih dekat dengan ruang bakar, yaitu 572 HV sedangkan *big end* yang berada jauh dari ruang bakar mempunyai kekerasan 680 HV. Hasil ini berbeda dengan *connecting rod* baru yang distribusi kekerasannya merata. Dari hasil penelitian ini disimpulkan kegagalan yang berupa deformasi plastis pada bagian *small end connecting rod* diakibatkan beban berlebih pada saat kompresi dan panas yang tinggi.

*Kata kunci: connecting rod, baja SAE 1020, baja SAE 4120, komposisi kimia, struktur mikro, carburizing, kekerasan, deformasi plastis*

## ***ABSTRACT***

Connecting rod is a part of engine vehicle used to connecting piston with crankshaft that work on high compresive loading could make connecting rod fail. The direction from this is to find how to connecting rod fail on 2 stroke motorcycle that used for 7 years with visual inspection method that used to get a hipotesis brace with chemical composition, hardness value and micro structure from both connecting rod material.

From visual inspection, failure happened on small end connecting rod, and got hypotesis that connecting rod have experience more compresive loading and making deformation.

Result of experiment showing connecting rod fail made from SAE 1020 steel, while the new connecting rod made from SAE 4120 steel. From chemical composition experiment, the connecting rod fail made with unspecification steel for connecting rod, while the new connecting rod made by appropriate steel. Microstructure experiment showing the different gradation caused carburizing where the surface is martensite and the inside is ferrite and pearlite. Hardness experiment for connecting rod fail showing decreased of hardness on small end caused small end near from combustion chamber that have hardness 572 HV while big end have hardness 680 HV. This result different with new connecting rod that have flat hardness. From this experiments have summarize that plastic deformation failure of connecting rod on small end caused over loading when compression and over heating.

*Keyword : connecting rod, SAE 1020 steel, SAE 4120 steel, chemical composition, micro structure, carburizing, hardness, plastic deformation*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* , segala puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena dengan taufik dan hidayah-Nya kita masih diberi kekuatan untuk menorehkan amal kebajikan untuk membuat hidup ini lebih bermakna, dan hanya karena izin Allah semata penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kegagalan *Connecting Rod* Sepeda Motor 2 Langkah”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya tugas akhir ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dengan segenap rasa tulus dan segenap kerendahan hati penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bp. Sri Nugroho ST, MT, PhD., selaku Dosen Pembimbing yang sudi meluangkan banyak waktu, pikiran, dan tenaga bagi penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Segenap dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bp. Sunhaji, selaku Kepala Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta atas kesediannya meminjamkan alat pengujian dan atas pengarahan yang diberikan.
4. Seluruh staf Politeknik Manufaktur Ceper atas kerjasamanya.
5. Seluruh anggota keluarga yang memberikan semuanya baik pikiran, tenaga, semangat, motivasi, maupun dukungan dana yang membuat penulis berkeinginan keras untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir sebaik-baiknya.
6. Teman-teman angkatan 2008 dimanapun kalian berada terimakasih buat ilmu dan persahabatannya.
7. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu proses penyelesaian TA ini.



Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penulisan ini.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya di lingkungan Jurusan Teknik Mesin UNDIP.

Semarang,     Juni 2011

Penulis

## NOMENKLATUR

$d$	Diagonal bekas penekanan pengujian <i>Vickers</i>
$D$	Diameter bola
$t$	Kedalaman jejak
$P$	Beban
$\Theta$	Sudut piramida intan
$L$	Panjang diagonal rata-rata
$\Sigma_y$	Yield Strength
$E$	Modulus elastisitas
$\varepsilon$	Regangan
$\emptyset$	Diameter
RA	Reduction in Area
SAE	Society of Automotive Engineers
ASTM	American Standard Testing Material
JIS	Japan International Standard
BHN	Brinell Hardness Number
HB	Hardness Brinell
HRA	Hardness Rockwel A
HRB	Hardness Rockwel B
HRC	Hardness Rockwel C
HV	Harga Kekerasan <i>Vickers</i>
MPa	Mega Pascal

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>NOMENKLATUR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Alasan Pemilihan Judul .....	2
1.3. Tujuan Penulisan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Connecting Rod</i> .....	5
2.1.1. Bagian-bagian dan Persyaratan <i>Connecting Rod</i> .....	5
2.1.2. Beban Yang Diterima <i>Connecting Rod</i> .....	7
2.2. <i>Material Connecting Rod</i> .....	8
2.2.1. Baja Karbon Medium ( <i>Medium Carbon Steel</i> ) .....	8
2.2.2. <i>Medium Carbon Low Alloy Steels</i> atau Baja Karbon Medium Paduan Rendah .....	10
2.3. Proses Produksi <i>Connectong Rod</i> Sepeda Motor .....	16

2.4. Kegagalan <i>Connecting Rod</i> .....	18
2.4.1. <i>Fatigue</i> .....	18
2.4.2. <i>Hydrolock</i> .....	19
2.5. <i>Needle Roller Bearing</i> .....	20
2.6. Pengujian Material .....	23
2.6.1. Pengujian Komposisi Kimia .....	23
2.6.2. Pengujian Kekerasan.....	23
2.6.3. Pengujian Metalografi .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	29
3.1. Alur Penelitian .....	29
3.2. Peralatan yang Digunakan .....	31
3.3. Pengujian Bahan Uji .....	35
3.3.1. Pengamatan Visual .....	34
3.3.2. Pengujian Komposisi Kimia .....	36
3.3.3. Pengujian Metalografi.....	38
3.3.4. Pengujian Kekerasan.....	40
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	43
4.1. Kondisi Operasional <i>Connecting Rod</i> .....	43
4.2. Pengamatan Visual .....	44
4.3. Pengujian Komposisi Kimia .....	49
4.3.1. Data Pengujian Komposisi Kimia.....	49
4.3.2. Analisa Pengujian Komposisi Kimia .....	50
4.4. Pengujian Metalografi .....	52
4.5. Pengujian Kekerasan.....	60
4.5.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan .....	61
4.3.1. Analisis Pengujian Kekeraasan .....	61
4.5. Analisis Kegagalan dan Solusi .....	65
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	67
5.1. Kesimpulan .....	68
5.2. Saran .....	69

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Connecting Rod</i> Sepeda motor .....	5
Gambar 2.2.	Penampang <i>Connecting Rod</i> .....	6
Gambar 2.3.	Struktur Mikro Baja Karbon Medium.....	8
Gambar 2.4.	Bagan Produksi <i>Connecting Rod</i> .....	16
Gambar 2.5.	Ilustrasi dari <i>Hydrolock</i> .....	19
Gambar 2.6.	<i>Connecting Rod</i> Rusak karena <i>Hydrolock</i> .....	20
Gambar 2.7.	<i>Needle Roller Bearing</i> pada <i>Small End Connecting Rod</i> .....	22
Gambar 3.1.	Alur Penelitian .....	29
Gambar 3.2.	Mesin Ampelas ( <i>Centrifugal sand and paper machine</i> ) .....	31
Gambar 3.3.	Alat Uji Kekerasan Mikro ( <i>Vickers Microhardness Tester</i> ) .....	32
Gambar 3.4.	Mikroskop dan Kamera.....	33
Gambar 3.5.	Spektrometer .....	33
Gambar 3.6.	<i>Connecting Rod</i> Lama (a) dan Baru (a) .....	34
Gambar 3.7.	Potongan <i>Small End</i> (a) dan <i>Big End</i> (b) .....	35
Gambar 3.8.	Gambar <i>Connecting Rod</i> dengan Penggunaan Selama 7 Tahun .....	35
Gambar 3.9.	Alat Uji Spectrometri .....	36
Gambar 3.10.	Diagram Uji Komposisi .....	37
Gambar 3.11.	Alat Uji Metalografi .....	38
Gambar 3.12.	Diagram Alir Uji Metalografi .....	40
Gambar 3.13.	<i>Indentor</i> Alat Uji <i>Vickers</i> .....	41
Gambar 3.14.	Arah Pengujian <i>Vickers</i> pada <i>Small End</i> .....	42
Gambar 3.14.	Arah Pengujian <i>Vickers</i> pada <i>Big End</i> .....	42
Gambar 4.1.	Bagian <i>Connecting Rod</i> yang Mengalami Kegagalan.....	44
Gambar 4.2.	<i>Needle Roller Bearing</i> .....	44
Gambar 4.3.	Kondisi Normal <i>Small End Connecting Rod</i> .....	45
Gambar 4.4.	Kegagalan <i>Small End Connecting Rod</i> .....	46
Gambar 4.5.	Fenomena Detonasi atau <i>Knocking</i> .....	47
Gambar 4.6.	Kerusakan Piston.....	48

Gambar 4.7. Foto Struktur <i>Carburizing Connecting Rod</i> (a) dan <i>Carburizing</i> pada Baja .....	54
Gambar 4.8. Struktur Martensit Bagian Permukaan <i>Small End</i> (a) dan Struktur Martensite Pembanding (b).....	55
Gambar 4.9. Struktur Bagian Dalam <i>Connecting Rod</i> .....	56
Gambar 4.10. Struktur Mikro Baja SAE 1020 .....	56
Gambar 4.11. Proses <i>Carburizing</i> .....	57
Gambar 4.12. Struktur Martensit Bagian Permukaan <i>Big End</i> .....	59
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Kekerasan <i>Connecting Rod</i> Lama (SAE 1020) .....	60
Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Kekerasan <i>Connecting Rod</i> Baru (SAE 4120) .....	62
Gambar 4.15. Grafik Hubungan Kekerasan Dan Jumlah Karbon.....	64
Gambar 4-16. Rangkaian <i>Small End</i> .....	66
Gambar 4-17. Distribusi Tegangan saat Beban Kompresi pada <i>Small End</i> .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Dimensi <i>Connecting Rod</i> Sepeda Motor 2 Langkah .....	7
Tabel 2.2.	Sifat Mekanik Baja Karbon Medium.....	9
Tabel 2.3.	Komposisi Paduan Baja SAE 41XX.....	12
Tabel 2.4.	Pengaruh Temperatur Temper dan Media <i>Quench</i> terhadap Sifat Mekanik Baja SAE 4130 .....	13
Tabel 2.3.	Pengaruh Temperatur Temper dan Media <i>Quench</i> terhadap Sifat Mekanik Baja SAE 4340[6].....	15
Tabel 4.1.	Hasil Uji Komposisi Kimia <i>Connecting Rod</i> Lama.....	49
Tabel 4.2.	Hasil Uji Komposisi Kimia <i>Connecting Rod</i> Baru.....	50
Tabel 4.3.	Sifat Mekanik Baja SAE 1020.....	51
Tabel 4.4.	Sifat Mekanik Baja SAE 4120.....	52
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Small End Connecting Rod</i> Lama (Baja SAE 1020).....	60
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian Kekerasan <i>Small End Connecting Rod</i> Baru (Baja SAE 4120).....	62